

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-5539

(P2002-5539A)

(43)公開日 平成14年 1 月 9 日(2002. 1. 9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード*(参考)
F 2 5 B 17/12		F 2 5 B 17/12	K 3 L 0 9 3
// C 2 2 C 14/00		C 2 2 C 14/00	A
19/00		19/00	F
38/00	3 0 2	38/00	3 0 2 V
38/14		38/14	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-188019(P2000-188019)

(22)出願日 平成12年 6 月22日(2000. 6. 22)

(71)出願人 000201814

双葉電子工業株式会社

千葉県茂原市大芝629

(72)発明者 大角 泰章

神奈川県厚木市飯山2116番地21 古松台 2-11

(72)発明者 坪井 利行

千葉県茂原市大芝629 双葉電子工業株式会社内

(74)代理人 100099726

弁理士 大塚 秀一

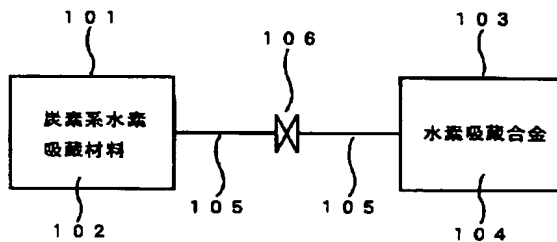
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ヒートポンプ装置

(57)【要約】

【課題】高効率で、発熱又は吸熱のみが可能で、軽量に構成可能なヒートポンプ装置を提供すること。

【解決手段】炭素系水素吸蔵材料102を収容した容器101と、水素吸蔵合金104を収容した容器103は、導管105、105及びバルブ106を介して連結されており、炭素系水素吸蔵材料102と水素吸蔵合金104の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより、水素吸蔵合金104を発熱又は吸熱させる。このとき、炭素系水素吸蔵材料102では、発熱や吸熱が殆ど生じないため、発熱又は吸熱の一方のみが得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 水素が通過する通路を介して連結された第1、第2の容器と、前記第1の容器内に収容された炭素系水素吸蔵材料と、前記第2の容器内に収容された水素吸蔵合金とを備え、前記通路を介して、前記炭素系水素吸蔵材料と前記水素吸蔵合金の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより、前記水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させるようにしたことを特徴とするヒートポンプ装置。

【請求項2】 第1の炭素系水素吸蔵材料を収容した第1の容器と第1の水素吸蔵合金を収容した第2の容器とを、水素が通過する第1の通路を介して連結し、前記第1の通路を介して、前記第1の炭素系水素吸蔵材料と前記第1の水素吸蔵合金の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより前記第1の水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させる第1のヒートポンプと、前記第1のヒートポンプに並設され、第2の炭素系水素吸蔵材料を収容した第3の容器と第2の水素吸蔵合金を収容した第4の容器とを、水素が通過する第2の通路を介して連結し、前記第2の通路を介して、前記第2の炭素系水素吸蔵材料と前記第2の水素吸蔵合金の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより前記第2の水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させる第2のヒートポンプとを備え、前記第1の水素吸蔵合金と前記第2の水素吸蔵合金の発熱と吸熱を、交互に逆に行うようにしたことを特徴とするヒートポンプ装置。

【請求項3】 炭素系水素吸蔵材料を収容した第1の容器と、水素吸蔵合金を収容した複数の第2の容器とを備え、前記複数の第2の容器は、各々、水素が通過する異なる通路及びバルブを介して前記第1の容器に連結されて成り、バルブが開かれた通路に連結された前記第2の容器に収容された水素吸蔵合金と前記炭素系水素吸蔵材料の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより、該水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させるようにしたことを特徴とするヒートポンプ装置。

【請求項4】 前記水素吸蔵合金は、ランタン-ニッケル系多元合金、ミッシュメタル-ニッケル系多元合金、チタン-鉄系多元合金、チタン-マンガン系多元合金、チタン-クロム系多元合金、ジルコニウム-鉄系多元合金、バナジウム系多元合金又はマグネシウム-ニッケル系多元合金であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のヒートポンプ装置。

【請求項5】 前記炭素系水素吸蔵材料は、黒鉛層間化合物、活性炭、カーボンナノチューブ、カーボンナノファイバ、フラーレン、カーボンナノホーン又はナノパーティクルであることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のヒートポンプ装置。

【請求項6】 前記炭素系水素吸蔵材料を収容した容器及び前記水素吸蔵合金を収容した容器のうち、少なくとも

も一つは、前記通路に対して着脱自在に形成されたカートリッジによって構成されていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載のヒートポンプ装置。

【請求項7】 前記通路には、水素の通過量を制御するためのバルブが設けられていることを特徴とする請求項1、2、4乃至6のいずれかに記載のヒートポンプ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、水素吸蔵合金を用いて発熱、吸熱を行うヒートポンプ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、空調装置や冷凍機等の熱交換システムとして、水素吸蔵合金の発熱、吸熱を利用したヒートポンプ装置が研究され、開発されている。水素吸蔵合金を利用したヒートポンプ装置は、LiBrを冷媒とする水の吸収剤を用いた吸収式冷凍機のように水の凝固点である273度K以下および沸点である373度K以上での利用が困難である等の問題が無く又、アンモニアを冷媒とする水の吸収剤を用いた吸収式ヒートポンプ装置のようにアンモニアが腐食性を有し作動圧が高く（最大で15kg/cm²）又有毒ガスである等の問題が無いと注目されている。

【0003】図6は、前記従来のヒートポンプ装置の概略構成図である。図6において従来のヒートポンプ装置は、水素吸蔵合金602が収容された容器601と、水素吸蔵合金604が収容された容器603とを、水素ガスが通過する導管605、水素ガスを通過させ又は阻止するように制御するためのバルブ606、水素ガスが通過する導管605を介して連結した構成となっている。尚、水素吸蔵合金602と水素吸蔵合金604は、平衡水素解離圧が相互に相異なる水素吸蔵合金である。

【0004】昇温サイクルでは、低温の熱で水素吸蔵合金604を加熱すると、水素吸蔵合金604は吸熱反応を起こして水素を放出する。前記水素は導管605、開状態のバルブ606及び導管605を介して、水素吸蔵合金602に吸蔵される。このとき、水素吸蔵合金602は発熱反応により高温の熱を放出する。即ち、水素吸蔵合金604から水素吸蔵合金602への水素吸蔵によって、低温の熱を高温の熱として取り出すことができる。

【0005】一方、冷房サイクルでは、水素吸蔵合金602を加熱すると、水素吸蔵合金602は吸熱反応を起こして水素を放出する。前記水素は、導管605、開状態のバルブ606及び導管605を介して、水素吸蔵合金604に吸収されて反応熱が発生するが、この熱は外部に放出される。水素吸蔵合金602の加熱を止めて外気温まで冷却すると、両水素吸蔵合金602、604が外気温と同一の温度となるため、水素が水素吸蔵合金604から水素吸蔵合金602へと逆方向に放出される。

このとき、水素吸蔵合金604は吸熱反応により水素を放出するため冷熱が得られる。以上のようにして高熱や冷熱を得ることができるため、ヒートポンプ装置を利用して空調機や冷凍機等を実現することが可能である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前記従来のヒートポンプ装置においては、2種類の水素吸蔵合金を組み合わせ使用しているため、発熱と吸熱のいずれの場合にも水素吸蔵合金の加熱が必要であり又、2種類の水素吸蔵合金と水素との反応によって必ず大きい熱量を伴った発熱と吸熱が同時に進行することになり、発熱のみ、あるいは吸熱のみを必要とする場合には、効率が悪いという問題があった。例えば、水素の吸蔵・放出の反応熱が等しい2種類の水素吸蔵合金を使用した場合、昇温サイクルの効率は、暖房出力/熱源入力=1/2となり、極めて効率が悪いという問題があった。また、冷熱が必要な場合にも、放出される発熱量が多くなる等の問題があった。さらに、水素吸蔵合金は重量が大きいので、車両等に利用する上で大きな制約が生じ又、持ち運び等に不便であるという問題があった。

【0007】ところで、水素吸蔵合金における水素吸蔵は化学結合（共有結合や金属性結合）によって行われるが、カーボンナノチューブ等の炭素系水素吸蔵材料においては、水素吸蔵は物理吸着（ファン・デル・ワールスの相互作用による一時的な捕捉）によって行われるため、水素吸蔵時における発熱量や水素放出時の吸熱量が少ない。

【0008】本発明は、前記問題点に鑑みると共に炭素系水素吸蔵材料の前述したような性質に着目して成されたもので、高効率で、発熱又は吸熱のみが可能で、軽量に構成可能なヒートポンプ装置を提供することを課題としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、水素が通過する通路を介して連結された第1、第2の容器と、前記第1の容器内に収容された炭素系水素吸蔵材料と、前記第2の容器内に収容された水素吸蔵合金とを備え、前記通路を介して、前記炭素系水素吸蔵材料と前記水素吸蔵合金の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより、前記水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させるようにしたことを特徴とするヒートポンプ装置が提供される。通路を介して、炭素系水素吸蔵材料と水素吸蔵合金の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより、前記水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させる。

【0010】また、本発明によれば、第1の炭素系水素吸蔵材料を収容した第1の容器と第1の水素吸蔵合金を収容した第2の容器とを、水素が通過する第1の通路を介して連結し、前記第1の通路を介して、前記第1の炭素系水素吸蔵材料と前記第1の水素吸蔵合金の一方で水

素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより前記第1の水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させる第1のヒートポンプと、前記第1のヒートポンプに並設され、第2の炭素系水素吸蔵材料を収容した第3の容器と第2の水素吸蔵合金を収容した第4の容器とを、水素が通過する第2の通路を介して連結し、前記第2の通路を介して、前記第2の炭素系水素吸蔵材料と前記第2の水素吸蔵合金の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより前記第2の水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させる第2のヒートポンプとを備え、前記第1の水素吸蔵合金と前記第2の水素吸蔵合金の発熱と吸熱を、交互に逆に行うようにしたことを特徴とするヒートポンプ装置が提供される。第1のヒートポンプにおける第1の水素吸蔵合金の発熱及び吸熱と、第2のヒートポンプにおける第2の水素吸蔵合金の発熱及び吸熱とを、交互に逆に行うようにする。

【0011】また、本発明によれば、炭素系水素吸蔵材料を収容した第1の容器と、水素吸蔵合金を収容した複数の第2の容器とを備え、前記複数の第2の容器は、各々、水素が通過する異なる通路及びバルブを介して前記第1の容器に連結されて成り、バルブが開かれた通路に連結された前記第2の容器に収容された水素吸蔵合金と前記炭素系水素吸蔵材料の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより、該水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させるようにしたことを特徴とするヒートポンプ装置が提供される。バルブが開かれた通路に連結された第2の容器内の水素吸蔵合金と炭素系水素吸蔵材料の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより、該水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させる。

【0012】尚、前記水素吸蔵合金として、例えば、ランタン-ニッケル系多元合金、ミッシュメタル-ニッケル系多元合金、チタン-鉄系多元合金、チタン-マンガン系多元合金、チタン-クロム系多元合金、ジルコニウム-鉄系多元合金、バナジウム系多元合金又はマグネシウム-ニッケル系多元合金を使用してもよい。また、前記炭素系水素吸蔵材料として、例えば、黒鉛層間化合物、活性炭、カーボンナノチューブ、カーボンナノファイバ、フラーレン、カーボンナノホーン又はナノパーティクルを使用してもよい。また、前記炭素系水素吸蔵材料を収容した容器及び前記水素吸蔵合金を収容した容器のうち、少なくとも一つは、前記通路に対して着脱自在に形成されたカートリッジによって構成してもよい。また、前記通路には、水素の通過量を制御するためのバルブを設けるようにしてもよい。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態に係るヒートポンプ装置の概略図である。図1において、ヒートポンプ装置は、炭素系水素吸蔵材料102が収容され

た容器101と、水素吸蔵合金104が収容された容器103とを、水素ガスが通過する通路としての導管105、水素ガスの通過量を制御するためのバルブ106および水素ガスが通過する通路としての導管105を介して連結した構成となっている。容器101は導管105に対して着脱自在に連結されており又、容器103も導管105に対して着脱自在に連結されている。容器101及び容器103は、各導管105から離脱した状態では、外部との通気が遮断されて密閉構造となるカートリッジで構成されており、炭素系水素吸蔵材料102を収容した状態の容器101及び水素吸蔵合金104を収容した状態の容器103の少なくとも一方を、容易に移動あるいは交換することが可能なように構成されている。

【0014】2種類の水素吸蔵合金を用いた従来のヒートポンプ装置においては、一般に、平衡水素圧の低い低圧水素吸蔵合金と平衡水素圧の高い高圧水素吸蔵合金とを組み合わせるが、本実施の形態においては、低圧水素吸蔵合金（水素吸蔵合金104）として LaNi_5 を使用し、高圧水素吸蔵合金の代わりに炭素系水素吸蔵材料102を使用している。炭素系水素吸蔵材料102として、例えば、黒鉛層間化合物、活性炭、カーボンナノチューブ、カーボンナノファイバ、フラーレン、カーボンナノホーン又はナノパーティクルが使用できる。炭素系水素吸蔵材料においては、水素吸蔵は物理吸着（ファン・デル・ワールスの相互作用による一時的な捕捉）によって行われるため水素吸蔵時の発熱量や水素放出時の吸熱量が少なく又、吸着した水素分子は、吸着エネルギーに等しいエネルギーを与えることにより炭素系水素吸蔵材料から容易に離脱するという性質を有している。

【0015】図4に、炭素系水素吸蔵材料と水素吸蔵合金の性質を比較して示すように、炭素系水素吸蔵材料において、水素吸着・水素放出に必要な熱量は $4\sim 20\text{ kJ/mol}$ で、水素吸蔵合金（ $20\sim 100\text{ kJ/mol}$ ）よりも低い。特に、カーボンナノチューブは、水素吸着に必要な熱が 19.6 kJ/mol であり、黒鉛（ 4 kJ/mol ）や活性炭（ $4\sim 12\text{ kJ/mol}$ ）に比べて水素の安定度が大きく、常温付近でかなりの量の水素（ $5\sim 10\text{ wt\%}$ ）が安定に吸着される。

【0016】また、図5に、炭素系材料と金属材料の密度を比較して示すように、炭素系水素吸蔵材料の密度は、水素吸蔵合金に比べて小さく、軽量化することが可能である。特に、カーボンナノチューブは、軽いのみならず、中空であるため、単位質量及び単位体積当たり多量の水素を貯蔵することが可能である。例えば、本願出願人が出願した特願平11-210421号に記載した方法（アーク放電法により吸蔵補助材料として白金族金属、白金族の酸化物または白金族の合金を触媒としてカーボンナノチューブを製造する方法）によって製造したカーボンナノチューブは、室温において 15 wt\% の水素を圧力 12 MPa 下で貯蔵できる性能を有している。

【0017】また、水素吸蔵合金104としては、 LaNi_5 のみならず、例えば、ランタン-ニッケル系多元合金、ミッシュメタル-ニッケル系多元合金、チタン-鉄系多元合金、チタン-マンガン系多元合金、チタン-クロム系多元合金、ジルコニウム-鉄系多元合金、バナジウム系多元合金又はマグネシウム-ニッケル系多元合金が使用できる。

【0018】上記のように構成されたヒートポンプ装置の動作を以下に説明する。まず、水素吸蔵合金104を熱源として機能させる例を説明する。尚、アルミ合金製の容器103内に水素吸蔵合金104として 1 kg の LaNi_5 を収容し、容器101内には炭素系水素吸蔵材料102として約 50 g のカーボンナノチューブを収容し、初期状態として、炭素系水素吸蔵材料102には所定圧力（例えば、室温で 3 MPa ）で水素を吸蔵させておくものとする。この状態で、バルブ106を開くと、圧力により、炭素系水素吸蔵材料102から水素が放出されて、導管105、バルブ106及び導管105を介して、水素吸蔵合金104に水素が供給される。これにより、発熱源として機能する水素吸蔵合金104は、水素を吸蔵して約 300 kJ/kg の熱を発する。このとき、炭素系水素吸蔵材料102は水素を放出するにも拘わらず、殆ど冷熱を発生しない。

【0019】再生には、水素吸蔵合金102（水素吸蔵合金が水素を吸蔵した状態にあるため水素吸蔵合金水素化物となっている。即ち、本例では、 LaNi_5 が水素を吸蔵した状態にあるため、 LaNi_5 の水素化物となっている）を 100°C で加熱することによって水素を放出させる。水素吸蔵合金102から放出された水素は、導管105、バルブ106及び導管105を介して炭素系水素吸蔵材料102に吸蔵される。このとき、炭素系水素吸蔵材料102は水素を吸蔵するにも拘わらず、殆ど発熱しない。したがって、仮に、炭素系水素吸蔵材料102の冷却が必要とされる場合でも、室内のファンによる冷却で足りる。その後、バルブ106を閉じることによって、初期状態に戻る。以後、上記動作を繰り返すことにより、水素吸蔵合金104を熱源として利用することが可能になる。

【0020】以上述べたように、本第1の実施の形態では、水素ガスが通過する通路（導管105、105、バルブ106）を介して連結された第1、第2の容器101、103と、第1の容器101内に収容された炭素系水素吸蔵材料102と、第2の容器104内に収容された水素吸蔵合金とを備えると共に、炭素系水素吸蔵材料102と水素吸蔵合金104の少なくとも一方に水素を吸蔵して成り、前記通路を介して、炭素系水素吸蔵材料102と水素吸蔵合金104の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより、前記水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させるようにしたことを特徴としている。このように、物理吸着を行う炭素系水素吸蔵材

料102を使用しているため、水素吸蔵時における発熱量や水素放出時の吸熱量が水素吸蔵合金に比べて極めて少ない。したがって、例えば、昇温サイクルの熱効率を0.5~1.0と高効率化することが可能になると共に、発熱又は吸熱のみが可能になる。また、ヒートポンプ装置を軽量化することが可能になる。

【0021】次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。本第2の実施の形態の全体構成は図1と同じであるため、図1を参照しながら説明する。まず、水素吸蔵合金104を熱源として機能させる例(発熱サイクル)を説明する。尚、容器103内に水素吸蔵合金104として約1kgの LaNi_5 を収容し、容器101内には炭素系水素吸蔵材料102として約50gのカーボンナノチューブを収容し、初期状態として、炭素系水素吸蔵材料102には1MPaで水素を吸蔵させておくものとする。この状態で、バルブ106を開くと、炭素系水素吸蔵材料102から水素が放出されて、導管105、バルブ106及び導管105を介して、水素吸蔵合金104に水素が供給される。これにより、発熱源として機能する水素吸蔵合金104は水素を吸蔵して発熱(例えば、約300kJ/kgの熱)を行う。バルブ106を開く量を調整することによって発熱量を変化させることも可能である。このとき、炭素系水素吸蔵材料102は水素を放出するにも拘わらず、殆ど冷熱を発生しない。

【0022】次に、水素吸蔵合金104を冷熱源として機能させる例(吸熱サイクル)を説明する。まず、容器103内に水素を吸蔵させた水素吸蔵合金104(水素吸蔵合金が水素を吸蔵して水素吸蔵合金水素化物になった状態にある。)を収容し、容器101内には真空排気した炭素系水素吸蔵材料102を収容する。この状態で、圧縮機(図示せず)を用いて、強制的に水素吸蔵合金104から水素を離脱させ、導管105、バルブ106及び導管105を介して、水素を炭素系水素吸蔵材料102に吸蔵させる。これにより、水素吸蔵合金104は吸熱動作を行い、冷熱(例えば、-300kJ/kg)が得られる。このとき、炭素系水素吸蔵材料102は水素を吸蔵するにも拘わらず、殆ど発熱を行わない。

【0023】以上述べたように、本第2の実施の形態では、水素ガスが通過する通路(導管105、105、バルブ106)を介して連結された第1、第2の容器101、103と、第1の容器101内に収容された炭素系水素吸蔵材料102と、第2の容器104内に収容された水素吸蔵合金とを備えると共に、炭素系水素吸蔵材料102と水素吸蔵合金104の少なくとも一方に水素を吸蔵して成り、前記通路を介して、圧力変化により、炭素系水素吸蔵材料102と水素吸蔵合金104の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより、前記水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させるようにしたことを特徴としている。したがって、高効率で、発熱

又は吸熱のみが可能で、軽量に構成可能なヒートポンプ装置を提供することが可能になる。また、発熱又は吸熱の連続運転が可能になる。

【0024】図2は、本発明の第3の実施の形態に係るヒートポンプ装置の概略図で、発熱又は吸熱を連続的に行わせるようにした例である。本第3の実施の形態では、ヒートポンプ装置は、近接して併設された1対のヒートポンプ200A、200Bを備えている。各ヒートポンプ200A、200Bの構成は前記第2の実施の形態のものと同様の構成である。

【0025】即ち、第1のヒートポンプ200Aは、炭素系水素吸蔵材料202が収容された容器201と、水素吸蔵合金204が収容された容器203とを、水素ガスが通過する通路としての導管205、水素ガスを通させ又は阻止するように制御するためのバルブ206および水素ガスが通過する通路としての導管205を介して連結した構成となっている。また、容器201はカートリッジによって構成され、導管105に対して着脱自在に連結されており又、容器203もカートリッジによって構成され、導管105に対して着脱自在に連結されている。容器201及び容器203は、各導管105から取り外した状態では、外部との通気が遮蔽されるような密閉構造となっており、炭素系水素吸蔵材料202を収容した状態の容器201及び水素吸蔵合金204を収容した状態の容器203の少なくとも一方を、容易に移動あるいは交換することが可能のように構成されている。

【0026】また、第2のヒートポンプ200Bは、炭素系水素吸蔵材料208が収容された容器207と、水素吸蔵合金210が収容された容器209とを、水素ガスが通過する通路としての導管211、水素ガスを通させ又は阻止するように制御するためのバルブ212および水素ガスが通過する通路としての導管211を介して連結した構成となっている。また、容器207はカートリッジによって構成され、導管211に対して着脱自在に連結されており又、容器209もカートリッジによって構成され、導管211に対して着脱自在に連結されている。容器207及び容器209は、各導管211から取り外した状態では、外部との通気が遮蔽されるような密閉構造となっており、炭素系水素吸蔵材料208を収容した状態の容器207及び水素吸蔵合金210を収容した状態の容器209の少なくとも一方を、容易に移動あるいは交換することが可能のように構成されている。

【0027】以上のように構成されたヒートポンプ装置において、初期状態として、炭素系水素吸蔵材料202には所定圧力(例えば、1MPa)で水素が吸蔵されており、水素吸蔵合金204には水素が吸蔵されていない状態にある(このとき、バルブ206は閉状態にある。)。また、容器209内に収容された水素吸蔵合金

210には水素が吸蔵されており(水素吸蔵合金が水素を吸蔵して水素吸蔵合金水素化物になった状態にある。)、容器207内に収容された炭素系水素吸蔵材料208は真空排気された状態にある。第1のサイクルでは、この状態から、ヒートポンプ200Aに発熱サイクルの動作を行わせる(水素吸蔵合金204を発熱させる。))と共に、同時に、ヒートポンプ200Bに吸熱サイクルの動作を行わせる(水素吸蔵合金210を吸熱させる。))。即ち、前記初期状態から、バルブ206を開くと、炭素系水素吸蔵材料202から水素が放出されて、導管205、バルブ206及び導管205を介して、水素吸蔵合金204に水素が供給される。これにより、水素吸蔵合金204は水素を吸蔵して発熱を行う。バルブ206を開く量を調整することによって発熱量を変化させることも可能である。このとき、炭素系水素吸蔵材料202は水素を放出するにも拘わらず、殆ど冷熱を発しない。

【0028】一方、同時に、圧縮機(図示せず)を用いて、強制的に水素吸蔵合金210から水素を離脱させ、導管211、バルブ212及び導管211を介して、水素を炭素系水素吸蔵材料208に吸蔵させ、その後、バルブ212を閉じる。これにより、水素吸蔵合金210は吸熱動作を行い、冷熱が得られる。このとき、炭素系水素吸蔵材料208は水素を吸蔵するにも拘わらず、殆ど発熱を行わない。

【0029】次の第2のサイクルでは、この状態から、ヒートポンプ200Aに吸熱サイクルの動作を行わせると共に、同時に、ヒートポンプ200Bに発熱サイクルの動作を行わせる。即ち、圧縮機(図示せず)を用いて、強制的に水素吸蔵合金204から水素を離脱させ、導管205、バルブ206及び導管205を介して、水素を炭素系水素吸蔵材料202に吸蔵させる。これにより、水素吸蔵合金204は吸熱動作を行い、冷熱が得られる。このとき、炭素系水素吸蔵材料202は水素を吸蔵するにも拘わらず、殆ど発熱を行わない。

【0030】同時に、バルブ212を開くと、炭素系水素吸蔵材料208から水素が放出されて、導管211、バルブ212及び導管211を介して、水素吸蔵合金210に水素が供給される。これにより、水素吸蔵合金210は水素を吸蔵して発熱を行う。バルブ212を開く量を調整することによって発熱量を変化させることも可能である。このとき、炭素系水素吸蔵材料208は水素を放出するにも拘わらず、殆ど冷熱を発しない。以上のようにして、ヒートポンプ200AとヒートポンプBを、交互に逆に、発熱サイクルと吸熱サイクルを行なうように制御する。

【0031】高熱が必要な場合には、ヒートポンプ200A、200Bが各々発熱サイクルの時、水素吸蔵合金204、210の発熱を取り出せばよい。また、冷熱が必要な場合には、ヒートポンプ200A、200Bが各

々吸熱サイクルの時、水素吸蔵合金204、210から冷熱を取り出せばよい。これにより、高熱あるいは冷熱を連続して安定に得ることが可能になる。尚、ヒートポンプ200A、200Bが吸熱サイクルの時、炭素系水素吸蔵材料202、208に水素を吸蔵させた後、一旦バルブ206、212を閉じるようにしたが、発熱サイクルや吸熱サイクルの時間を同一にすることにより、バルブ206、212の閉じずに、連続運転するようにしてもよい。

【0032】以上述べたように、本第3の実施の形態では、第1の炭素系水素吸蔵材料202を収容した第1の容器201と第1の水素吸蔵合金204を収容した第2の容器203とを、水素ガスが通過する第1の通路(導管205、205、バルブ206)を介して連結すると共に、第1の炭素系水素吸蔵材料202と第1の水素吸蔵合金204の少なくとも一方に水素を吸蔵して成り、前記第1の通路を介して、圧力変化により、第1の炭素系水素吸蔵材料202と第1の水素吸蔵合金204の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより第1の水素吸蔵合金204を発熱又は吸熱させる第1のヒートポンプ200Aと、第1のヒートポンプ200Aの近傍に並設され、第2の炭素系水素吸蔵材料208を収容した第3の容器207と第2の水素吸蔵合金210を収容した第4の容器209とを、水素が通過する第2の通路(導管211、211、バルブ212)を介して連結すると共に第2の炭素系水素吸蔵材料208と第2の水素吸蔵合金210の少なくとも一方に水素を吸蔵して成り、前記第2の通路を介して、圧力変化により、第2の炭素系水素吸蔵材料208と第2の水素吸蔵合金210の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより第2の水素吸蔵合金210を発熱又は吸熱させる第2のヒートポンプ200Bとを備え、第1の水素吸蔵合金204と第2の水素吸蔵合金210の発熱と吸熱を、交互に逆に行うようにしたことを特徴としている。したがって、高効率で、発熱又は吸熱のみが可能で、軽量に構成可能なヒートポンプ装置を提供することが可能になる。また、発熱又は吸熱の連続運転が可能になる。

【0033】図3は、本発明の第4の実施の形態に係るヒートポンプ装置の概略図である。本第4の実施の形態では、炭素系水素吸蔵材料を収容した容器に、水素吸蔵合金を収容した複数の容器を、各々、導管及びバルブを介して接続した構成となっている。即ち、図3において、ヒートポンプ装置は、炭素系水素吸蔵材料304が収容された容器303に対して、第1の水素吸蔵合金302が収容された第1の容器301を、水素ガスが通過する通路としての第1の導管307、水素ガスを通過させ又は阻止するように制御するための第1のバルブ308および水素ガスが通過する通路としての第1の導管307を介して連結すると共に、第2の水素吸蔵合金30

6が収容された第2の容器305を、水素ガスが通過する通路としての第2の導管309、水素ガスを通過させ又は阻止するように制御するための第2のバルブ310および水素ガスが通過する通路としての第2の導管309を介して連結した構成となっている。容器303はカートリッジによって構成され、導管307、309に対して着脱自在に連結され、容器301はカートリッジによって構成され、導管307に対して着脱自在に連結されており又、容器305もカートリッジによって構成され、導管309に対して着脱自在に連結されている。容器301、容器303及び容器305は、各々、導管307、309から取り外した状態では、外部との通気が遮蔽されるような密閉構造となっており、炭素系水素吸蔵材料304を収容した状態の容器303及び水素吸蔵合金302、306を収容した状態の容器301、305のうちの少なくとも1つは、容易に移動あるいは交換することが可能なように構成されている。

【0034】上記のように構成されたヒートポンプ装置の動作を以下に説明する。初期状態として、炭素系水素吸蔵材料304には所定圧力（例えば、室温で3MPa）で水素が吸蔵されており、水素吸蔵合金302、306には水素が吸蔵されていないものとする。この状態で、水素吸蔵合金302を熱源として使用する場合（発熱サイクル）には、バルブ308を開くことにより、炭素系水素吸蔵材料304から水素が放出されて、導管307、バルブ308及び導管307を介して、水素吸蔵合金302に水素が供給される。これにより、水素吸蔵合金302は、水素を吸蔵して熱を発する。このとき、炭素系水素吸蔵材料304は水素を放出するにも拘わらず、殆ど冷熱を発しない。

【0035】水素吸蔵合金306を熱源として使用する場合（発熱サイクル）には、バルブ310を開くことにより、炭素系水素吸蔵材料304から水素が放出されて、導管309、バルブ310及び導管309を介して、水素吸蔵合金306に水素が供給される。これにより、水素吸蔵合金306は、水素を吸蔵して熱を発する。このときも、炭素系水素吸蔵材料304は水素を放出するにも拘わらず、殆ど冷熱を発しない。

【0036】一方、水素吸蔵合金302を冷熱源として使用する場合（吸熱サイクル）には、水素吸蔵合金302に水素を吸蔵させた状態（水素吸蔵合金水素化物の状態）で、圧縮機（図示せず）を用いて、強制的に水素吸蔵合金302から水素を離脱させ、導管307、バルブ308及び導管307を介して、水素を炭素系水素吸蔵材料304に吸蔵させる。これにより、水素吸蔵合金302は吸熱動作を行い、冷熱が得られる。このとき、炭素系水素吸蔵材料304は水素を吸蔵するにも拘わらず、殆ど発熱を行わない。

【0037】また、水素吸蔵合金306を冷熱源として使用する場合（吸熱サイクル）には、水素吸蔵合金30

6に水素を吸蔵させた状態（水素吸蔵合金水素化物の状態）で、圧縮機（図示せず）を用いて、強制的に水素吸蔵合金306から水素を離脱させ、導管309、バルブ310及び導管309を介して、水素を炭素系水素吸蔵材料304に吸蔵させる。これにより、水素吸蔵合金306は吸熱動作を行い、冷熱が得られる。このとき、炭素系水素吸蔵材料304は水素を吸蔵するにも拘わらず、殆ど発熱を行わない。

【0038】本第4の実施の形態によれば、炭素系水素吸蔵材料304を収容した第1の容器303と、水素吸蔵合金302、306を収容した複数の第2の容器301、305とを備え、前記複数の第2の容器301、305は、各々、水素ガスが通過する異なる通路（導管307、307、309、309及びバルブ308、310）を介して第1の容器303に連結されると共に、炭素系水素吸蔵材料304及び複数の水素吸蔵合金302、306のうちの少なくとも一つに水素を吸蔵させて成り、圧力変化により、バルブが開かれた通路に連結された第2の容器に収容された水素吸蔵合金と炭素系水素吸蔵材料304の一方で水素の放出を行うと共に他方で水素の吸蔵を行うことにより、該水素吸蔵合金を発熱又は吸熱させるようにしたことを特徴としている。

【0039】したがって、高効率で、発熱又は吸熱のみが可能で、軽量に構成可能なヒートポンプ装置を提供することが可能になる。また、複数の水素吸蔵合金302、306を収容した状態の複数の容器301、305を異なる場所に配設することにより各場所毎に暖房や冷房を行うことが可能になる。例えば、一住宅内の異なる部屋に配設することにより、各部屋毎に暖房や冷房を行うことが可能になる。また、バルブ308、310の開閉タイミングを時間的にずらすことにより、水素吸蔵合金302、306の発熱サイクルや冷熱サイクルを、各々、異なる時間に独自に行うことが可能になる。

【0040】尚、前記各実施の形態において、各導管に配設したバルブにより、単に水素の通過の許可・阻止を行うことによって水素の通過量を制御するようにしてもよいが、水素の通過量が連続的に変化するように制御してもよい。これにより、発熱、冷熱の発生量を制御することが可能になる。

【0041】

【発明の効果】本発明に係るヒートポンプ装置によれば、効率が良く、発熱又は吸熱のみが可能で、軽量化を図ることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1、第2の実施の形態に係るヒートポンプ装置の概略図である。

【図2】本発明の第3の実施の形態に係るヒートポンプ装置の概略図である。

【図3】本発明の第4の実施の形態に係るヒートポンプ装置の概略図である。

【図4】本発明の実施の形態に使用する炭素系水素吸蔵材料と水素吸蔵合金の性質を比較した図である。

【図5】本発明の実施の形態に使用する炭素系水素吸蔵材料と水素吸蔵合金の性質を比較した図である。

【図6】従来のヒートポンプ装置の概略図である。

【符号の説明】

101、103、201、203、207、209、301、305・・・容器

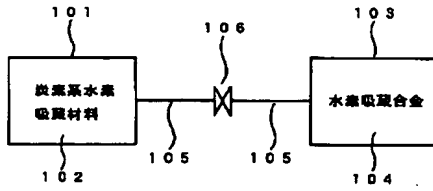
102、202、208、304・・・炭素系水素吸蔵材料

104、204、210、302、306・・・水素吸蔵合金

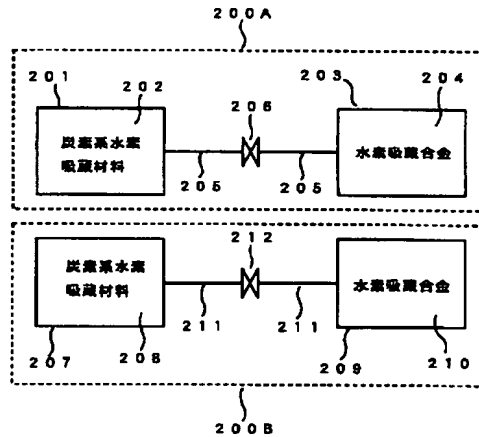
105、205、211、307、309・・・通路を構成する導管

106、206、212、308、310・・・通路を構成するバルブ

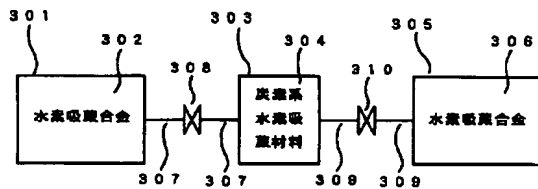
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

炭素系水素吸蔵材料と水素吸蔵合金の性質の比較

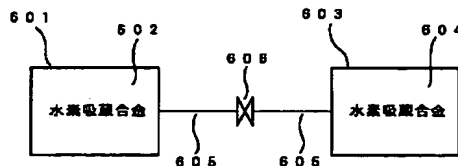
材料	水素の吸着・吸蔵量 (wt %)	水素の吸着・吸蔵熱量 (kJ/mol)
黒鉛	1.2	4
活性炭	5.13	4~12
カーボンナノチューブ	5~10	19.6
Mg+Ni	3.6	64.4
TiFe	1.8	23.0
LaNi ₅	1.4	30.1
MnNi ₅	1.4	26.4

【図5】

炭素系材料と金属材料の密度

材料	密度 (g/cm ³)
カーボンナノチューブ	1.36
黒鉛	2.26
ダイヤモンド	3.51
Mg	1.75
La	6.19
Ti	4.50
Ni	8.91
Fe	7.87
LaNi ₅	8.46
TiFe	6.19
Mg+Fe	4.14

【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 片岡 文昭
千葉県茂原市大芝629 双葉電子工業株式
会社内

Fターム(参考) 3L093 NN05